

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2624140号

(45) 発行日 平成9年(1997) 6月25日

(24) 登録日 平成9年(1997) 4月11日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S	3/18		H 0 1 S	3/18
	3/103			3/103

請求項の数4 (全 5 頁)

(21) 出願番号	特願平5-215652	(73) 特許権者	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22) 出願日	平成5年(1993) 8月31日	(72) 発明者	山田 博仁 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(65) 公開番号	特開平7-66501	(74) 代理人	弁理士 京本 直樹 (外2名)
(43) 公開日	平成7年(1995) 3月10日	審査官	門田 かづよ
		(56) 参考文献	特開 平3-50883 (J P, A) 特開 平2-122684 (J P, A) 実開 平5-13079 (J P, U)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 平行に向かい合う二つの端面によって光共振器が形成されるファブリ・ペロ共振器型 InGaAsP 系材料からなる半導体レーザにおいて、素子長は60 μ m以下であり、へき開による両光出力端面のどちらか一方或は両方の光出力端面をその素子の発振波長を7で割ったサイズ以内の厚さ分だけ除去したことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 両端面あるいは片端面に高反射コーティングを有することを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】 平行に向かい合う二つの端面によって光共振器が形成されるファブリ・ペロ共振器型 InGaAsP 系材料からなる半導体レーザにおいて、素子長は60 μ m以下であり、へき開による両光出力端面のどちらか

2

一方或いは両方の光出力端面に、屈折率が約3.5である物質をその素子の発振波長を7で割ったサイズ以内の厚さ分だけコーティングしたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項4】 両端面あるいは片端面に高反射コーティングを有することを特徴とする請求項3記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体レーザに関し、特に優れた低歪特性が求められるアナログ変調用レーザ、あるいは幹線系等の長距離伝送デジタル変調用レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】 アナログ光通信用のDFB半導体レーザ

3

には優れた低歪特性が求められている。例えばCATV用DFBレーザでは42チャンネルのサブキャリア多重伝送において $CSO \leq -60\text{ dBc}$ 、 $CTB \leq -65\text{ dBc}$ という厳しい低歪特性を満足しなければならない。また将来ハイビジョンへの対応を考慮すると、使用周波数領域はさらに高くなり、歪特性の規格もさらに厳しくなると考えられる。

【0003】しかしながら従来の回折格子を有するDFBレーザでは、光共振器内部での電界強度分布不均一が大きく、また注入電流によって電界強度分布が変動するため、アナログ変調時には大きな変調歪が生じた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的はこの様な従来のアナログ変調用DFBレーザの欠点を除去し、非常に低い変調歪特性を有するアナログ変調用レーザを実現することにある。さらにまた、デジタル変調での長距離伝送にも使用できる動的単一縦モード発振するレーザを実現することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明のInGaAsP系材料からなる半導体レーザは、平行に向かい合う二枚の端面によって光共振器が形成されるファブリ・ペロ共振器レーザにおいて、 $60\text{ }\mu\text{m}$ よりも短い素子長にへき開により切り出し、かつどちらか一方或いは両方の光出力端面を、その素子の発振波長を7で割ったサイズ以内の厚さ分だけ削り取ったことを特徴とする。

【0006】また本発明は前記の半導体レーザにおいて、両端面あるいは片端面に高反射(HR)コーティングしたことを特徴とする。

【0007】また本発明のInGaAsP系材料からなる半導体レーザは、平行に向かい合う二枚の端面によって光共振器が形成されるファブリ・ペロ共振器レーザにおいて、 $60\text{ }\mu\text{m}$ よりも短い素子長にへき開により切り出し、かつどちらか一方或いは両方の光出力端面に、屈折率の約3.5である物質をその素子の発振波長を7で割ったサイズ以内の厚さ分だけコーティングしたことを特徴とする。

【0008】また本発明は前記の半導体レーザにおいて、両端面あるいは片端面に高反射コーティングを施したことを特徴とする。

【0009】

【0010】

【作用】以下に本発明の原理について図1を用いて説明する。

【0011】図1(a)は従来の通常のファブリ・ペロレーザの利得スペクトルと共振器損失及び発振スペクトルを示すものである。基本横モード発振の場合には、共振器損失は縦モードの存在する点で最小となる。通常のファブリ・ペロレーザの場合、共振器長は $200 \sim 300\text{ }\mu\text{m}$ であるから、各縦モードの間隔は $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 帯レ

(2)

特許-2624140

4

ーザの場合で $0.8 \sim 1.2\text{ nm}$ 、 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 帯レーザの場合で $1.1 \sim 1.7\text{ nm}$ である。これは利得スペクトルの半値全幅(バルク活性層のレーザで $60 \sim 80\text{ nm}$ 、MQWレーザで $40 \sim 50\text{ nm}$)に比べて非常に小さく、利得スペクトル内に多くの縦モードが存在するために、複数の縦モードが発振可能となり、縦マルチモード発振となる。

【0012】一方、図1(b)に示す本発明のレーザでは、縦モード間隔が利得スペクトルの半値全幅の $1/10$ 程度となっており、縦モードの内のどれか1本が利得スペクトルのピーク付近に位置する状態となっている。従ってこの様な場合には、単一縦モード発振となり、変調時にも単一モード発振を維持できるので、動的単一モードレーザとなり得る。さらに本構造のレーザは回折格子を有しないファブリ・ペロレーザであるため、共振器内部での電極強度分布はほぼ均一となり、DFBレーザに比べて変調歪は非常に小さくなる。

【0013】ところで、縦モード間隔が利得スペクトルの半値全幅に比べてどの程度であれば単一縦モード発振に成り得るかを実験的に調べたところ、通常の素子長 $200 \sim 300\text{ }\mu\text{m}$ の素子では 1.3 、 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 帯共に縦マルチモード発振となる。そこで素子長を短くして行った場合、 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ の素子は $70\text{ }\mu\text{m}$ の素子長で、 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ の素子は $80\text{ }\mu\text{m}$ の素子長で各々単一縦モード発振が可能となった。しかしながら、この場合にはまだ変調を掛けた場合にはマルチモード発振となる。実際に動的単一モード発振が実現されるのはSMSRが 40 dB 以上得られる場合であり、このためには図2(b)に示す様に、縦モード間隔： $\Delta\lambda_m$ が利得スペクトルの半値全幅： $\Delta\lambda_g$ の $1/10$ 程度以上ある必要がある。従って、MQWレーザの利得スペクトル半値全幅は約 40 nm であるので、縦モード間隔はこの $1/10$ の 4 nm 程度必要となり、この時素子長は $60\text{ }\mu\text{m}$ となる。
($\Delta\lambda_m$ 、 $\Delta\lambda_g$ については図2(a)参照)。

【0014】ところで単一縦モード発振を得るためには、さらに利得ピーク波長とどれか一つの縦モード(共振器損失が最小になる点)の波長を一致させる必要がある。例えば、図3(a)に示すような状態では、利得ピーク波長と縦モードの波長が一致していないので、利得ピークを挟んだ両側に存在する2つの縦モードで発振し2モード発振となる。これに対して同図(c)に示す状態では、利得ピーク波長と縦モード(の一つ)の波長が一致しているので、単一縦モード発振となる。この中間の状態においては同図(b)に示すような発振スペクトルが得られる。

【0015】それではどのようにすれば利得ピーク波長と縦モードの波長を一致させることができるかについて説明する。利得ピーク波長はバルクレーザの場合は活性層の組成で、MQWレーザの場合はウエルの組成と厚さで主に決まり、ウエハを成長する段階で決まる。そこで

縦モードの方を調節して利得ピークに合わせる方法が取られる。縦モードの波長： λ_m は、 $\lambda_m = 2nL/m$ で決まり、 n は屈折率、 L は共振器長、 m はモード番号で通常1500くらいの大きな値になる。ここで、 m の値のうちどれか一つが利得ピークと一致すれば良く、合わない場合は共振器長 L を微小に調節して合わせることになる。ただし、通常レーザの場合共振器はへき開により形成しているので、これを細かく制御することは不可能である。そこで素子を切りだした後で、共振器長を微小に長く或いは短く調整することができれば、縦モードの波長を利得ピーク波長に合わせることができる。この場合 L を調節する範囲としては、縦モード間隔の半分の波長分だけ調節できればよいので、発振波長を $2n$ で割った長さだけ調節できれば十分である。 n の値はInGaAsP系材料では約3.5であるため、波長を7で割った長さだけ調節することになる。

【0016】素子長を微小に調節する方法としては、イオンミリングにより削る方法、媒質と同じ屈折率の物質をコーティングする方法が考えられる。Arイオンミリングで削る方法は滑らかな端面が得られ、ダメージも比較的小さいので、この様な加工に適している。逆にコーティングする方法としては、屈折率の値がInGaAsPに近いSiなどの物質をスパッタ等により蒸着する方法が適している。

【0017】この他にも、 L の代わりに n を調節する方法も考えられる。この方法は、電流注入によりプラズマ効果による屈折率が変化するので、一部の電極を分割してやり、この電極に流す電流を調節することにより屈折率 n を調節して、利得ピークに合わせるものである。

【0018】

【実施例】次に図4を参照しながら本発明の第1の実施例について説明する。

【0019】まずMOVPE成長法により、 n -InP基板上に1.13 μ m組成 n -InGaAsP SCH層を60nm成長し、次に1.40 μ m組成InGaAsPウエル層(5nm厚)、1.13 μ m組成InGaAsPバリア層(5nm厚)からなる10層MQW構造を成長し、最後に1.13 μ m組成のノンドープInGaAsP SCH層を60nm、 p -InPクラッド層を0.6 μ m成長してMQWウエハを作製する。さらにこのウエハをDC-PBH構造に埋め込んで、メサ・パッド電極構造に加工した後、共振器長約60 μ mに切り出した。

【0020】この素子を室温にて評価したところ、平均しきい値は10mA、平均スロープ効率は0.3W/Aであり、従来のアナログ変調用DFBレーザと同程度であった。しかしながらこの状態では、図4(b)のミリング前に示す様に2モード発振に近い発振スペクトルを示していた。そこで同図(a)に示す様に、両電極側を素子長よりも僅かに短い55 μ mの高さのSiバーで挟

んで、Arイオンミリングにより片方の端面を3分間削った。この後で測定した発振スペクトルは同図(c)に示す様に、メインモードとサイドモードとの強度差は20dBとなり、ミリング前に比べて単一モード性が改善されている。そこでさらに2分間ミリングして計5分間削った後では、同図(d)に示すように完全な単一モード発振となり、SMSRは40dBとなった。

【0021】この様に、60 μ m以下の素子長にへき開した直後の状態で完全な単一モード発振が得られない場合でも、端面を波長オーダーで削って行くことにより、共振器長を微調整できるので単一モード発振が得られる。この場合もし削り過ぎても、さらに削って行けば再び2モード発振となり、さらに削れば再び単一モード発振が得られる。

【0022】最後にこの素子の裏面に反射率80%の高反射コーティングを施して評価したところ、光変調度20%のアナログ変調時にも単一縦モード発振し、副モード抑圧比(SMSR)は40dB以上が得られていた。さらにこの素子の500MHz帯での2次相互変調歪(IMD₂)を測定したところ、-80dBc以下であり、従来の素子に比べて約10dBの改善が得られていた。

【0023】次に図5を参照しながら本発明の第2の実施例について説明する。

【0024】まずMOVPEによりMQWウエハを作製し、さらにDC-PBH構造に埋め込んでメサ・パッド電極構造に加工した後、共振器長約60 μ mに切り出すところまでは第1の実施例と同じである。

【0025】このままではやはり2モード発振の場合もあるので、そこで今度は図5に示す様に両電極側をSiバーで挟んで、片方の端面にInPと屈折率の値に近いSiをスパッタによりコーティングをする。この場合も波長オーダーでコーティングして行きながら発振スペクトルをモニターし、ちょうど単一モード発振となったところでコーティングを終えれば良い。この場合コーティングし過ぎても、さらにコーティングして行けば再び2モード発振となり、さらにコーティングすることによって再び単一モード発振が得られることは、第1の実施例の場合の削っていく場合と同様である。尚ここではInPの屈折率の値3.5に近い屈折率を有する物質としてSiをコーティングしたが、この他にもTiO₂、GeO₂やFe₂O₃でも同様の効果が得られる。

【0026】最後にこの素子の裏面に反射率80%の高反射コーティングを施して評価したところ、光変調度20%のアナログ変調時にもSMSRは40dB以上が得られていた。また500MHz帯での2次相互変調歪(IMD₂)を測定したところ、-76dBc以下であり、従来の素子に比べて約5dBの改善が得られていた。

【0027】次に図6を参照しながら本発明の第3の実

7

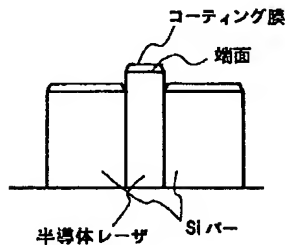
施例について説明する。図6に示す様に素子長方向の電極1の一部を分割し位相調整用電極2とし、その部分の注入レベルを調節することにより、内部損失および屈折率を微小に調節し、縦モードと利得ピーク波長を合わせ

【0028】素子長は $60\mu\text{m}$ 以下に切り出しているの
で、全電極に均一に電極注入を行った状態では、このレ
ーザは単一縦モード発振か或いは2モード発振となるは
ずである。最初から良好な単一モード発振が得られてい
る場合はそのまま用いれば良いが、仮に2モード発振とな
ってしまった場合には、位相調整用電極に注入する電
流を僅か（数mA程度）に増加或いは減少させてやり、
単一モード発振が得られる方向に調節することによっ
て、単一モード発振する状態で用いることができる。

【0029】この素子の裏面に反射率80%の高反射コー
ティングを施して評価したところ、変調時にもSMS
Rは40dB以上が得られていた。また500MHz帯
での2次相互変調歪（ IMD_2 ）を測定したところ、-
74dB以下であり、従来の素子に比べて約5dBの
改善が得られていた。

【0030】本発明の半導体レーザは、アナログ変調用

【図5】



(4)

8

特許-2624140

の低歪レーザとしてだけでなく、長距離伝送に用いられ
るので光幹線系のデジタル変調用レーザとしても有用で
ある。

【0031】

【発明の効果】単一モードで発振し、変調歪のほとん
どない半導体レーザが得られる。特にアナログ変調動作時
の低歪特性に優れている。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を説明するための図である。

10 【図2】本発明の原理を説明するための図である。

【図3】本発明の第1の実施例を説明するための図であ
る。

【図4】本発明の第2の実施例を説明するための図であ
る。

【図5】本発明の原理を説明するための図である。

【図6】本発明の第3の実施例を説明するための図であ
る。

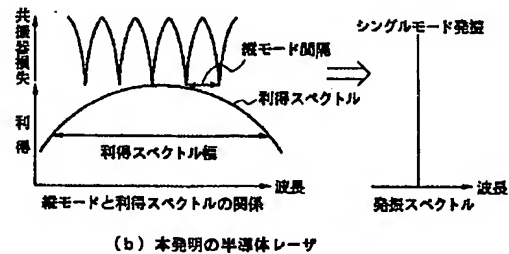
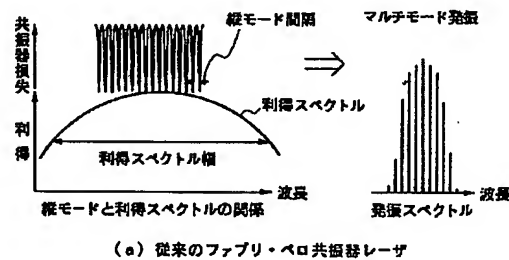
【符号の説明】

1 駆動用電極

20 2 位相調整用電極

3, 4 HR（高反射）コート

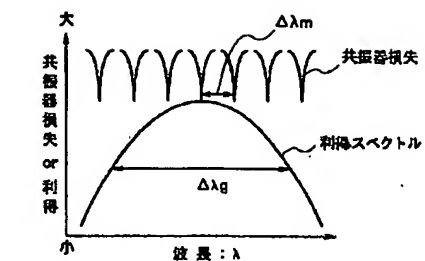
【図1】



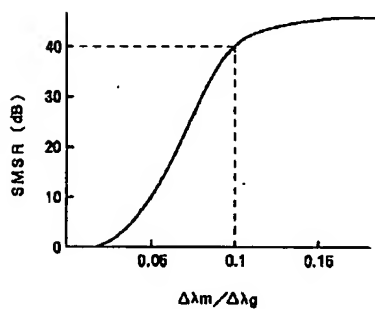
(5)

特許-2624140

【図2】

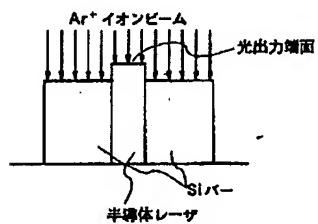


(a)

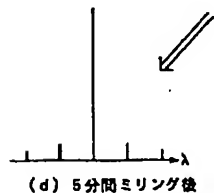
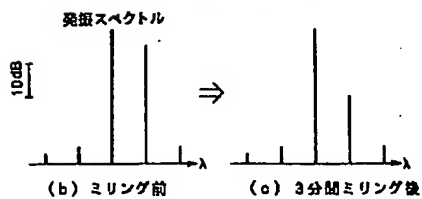


(b)

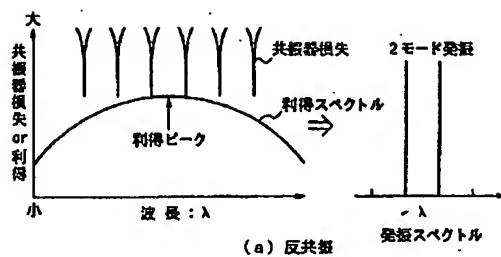
【図4】



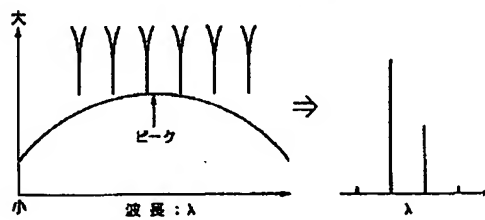
(a) 端面の加工方法



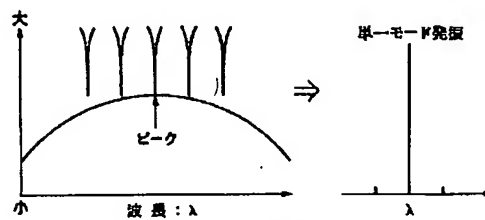
【図3】



(a) 反共振



(b)



(c) 共振

【図6】

